

IB/05/50829

证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日: 2004. 03. 25 ✓

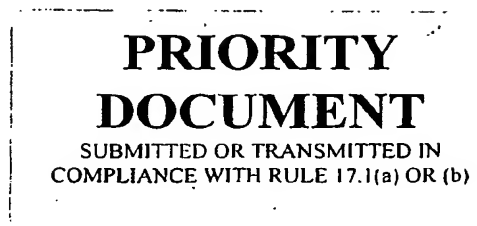
申 请 号: 2004100313445 ✓

申 请 类 别: 发明

发明创造名称: 卷积编码器及其编码方法

申 请 人: 皇家飞利浦电子股份有限公司

发明人或设计人: 邬钢、李岳衡



中华人民共和国
国家知识产权局局长

王景川

2005 年 1 月 24 日

权 利 要 求 书

1、一种编码方法，包括步骤：

根据预先设定的编码器的卷积编码率和约束长度，按照预定准则生成卷积编码；

利用该卷积编码对欲发送的数据进行处理，以使得该编码后的数据能够适合具有瑞利(Rayleigh)衰落的多径衰落信道传输。

2、如权利要求 1 所述的方法，还包括步骤：

根据通信协议中的规定，设置所述卷积编码率和约束长度。

3、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中所述预定准则是：沿着最短错误路径的预定数目的支路与各个相应的正确译码路径的预定数目的支路之间的欧氏距离(Euclidean distance)之和最大化，其中该最短错误路径是指与正确译码路径相比，具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径。

4、如权利要求 3 所述的方法，其中所述预定数目的支路是构成最短错误路径的全部支路和构成正确译码路径的全部支路。

5、如权利要求 4 所述的方法，其中当所述通信协议采用 QPSK(四相相移键控)的调制模式时，所述欧氏距离之和是所述欧氏距离的统计之和。

6、如权利要求 5 所述的方法，其中所述编码后的数据还适合在具有高斯(Gauss)噪声的加白高斯噪声(AWGN)信道传输。

7、如权利要求 5 或 6 所述的方法，其中所述卷积编码是以下编码中的任何一个：

G_0, G_1, G_2 : 535, 652, 745;

G_0, G_1, G_2 : 535,652,715;

G_0, G_1, G_2 : 527,652,761;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,725;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,724;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,725;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,724。

8、一种卷积译码方法，包括步骤：

接收经由多径衰落信道传输的以预定准则生成的卷积编码处理过的数据；

利用与该卷积编码对应的卷积译码，对所接收的数据进行译码，以使得译码后的数据能够消除经由该多径衰落信道传输时的瑞利(Rayleigh)衰落。

9、如权利要求 8 所述的方法，其中所述预定准则是：沿着最短错误路径的预定数目的支路与各个相应的正确译码路径的预定数目的支路之间的欧氏距离之和最大化，其中该最短错误路径是指与正确译码路径相比，具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径。

10、如权利要求 8 或 9 所述的方法，其中所述预定数目的支路是构成最短错误路径的全部支路和构成正确译码路径的全部支路。

11、如权利要求 10 所述的方法，其中当所述接收数据的调制模式是 QPSK(四相相移键控)模式时，所述欧氏距离之和是所述欧氏距离的统计之和。

12、如权利要求 11 所述的方法，其中所述译码后的数据能够消除经由加白高斯噪声(AWGN)信道传输时的高斯(Gauss)噪声。

13、如权利要求 11 或 12 所述的方法，其中所述译码是以下译码

中的任何一个:

G_0, G_1, G_2 : 535,652,745;

G_0, G_1, G_2 : 535,652,715;

G_0, G_1, G_2 : 527,652,761;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,725;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,724;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,725;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,724。

14、一种编码器, 包括:

一个编码模块, 用于利用卷积编码对欲发送的数据进行处理, 以使得该编码后的数据能够适合具有瑞利(Rayleigh)衰落的多径衰落信道传输, 其中该卷积编码是按照沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离之和最大化的准则产生的, 该最短错误路径是指与正确译码路径相比, 具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径。

15、如权利要求 14 所述的编码器, 其中当通信协议采用 QPSK(四相相移键控)的调制模式时, 所述欧氏距离之和是所述欧氏距离的统计之和。

16、如权利要求 15 所述的编码器, 其中所述卷积编码是以下编码中的任何一个:

G_0, G_1, G_2 : 535,652,745;

G_0, G_1, G_2 : 535,652,715;

G_0, G_1, G_2 : 527,652,761;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,725;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,724;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,725;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,724。

17、一种译码器，包括：

一个译码模块，用于利用卷积译码，对所接收的经过卷积编码处理的数据进行译码，以使得译码后的数据能够消除经由该多径衰落信道传输时的瑞利(Rayleigh)衰落，其中该卷积译码与该卷积编码对应，且该卷积编码是按照沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离之和最大化的准则产生的，该最短错误路径是指与正确译码路径相比，具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径。

18、如权利要求 17 所述的译码器，其中当通信协议采用 QPSK(四相相移键控)的调制模式时，所述欧氏距离之和是所述欧氏距离的统计之和。

19、如权利要求 18 所述的译码器，其中所述译码是以下译码中的任何一个：

G_0, G_1, G_2 : 535,652,745;

G_0, G_1, G_2 : 535,652,715;

G_0, G_1, G_2 : 527,652,761;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,725;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,724;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,725;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,724。

20、一种用户终端，包括：

一个编码器，该编码器利用卷积编码对欲发送的数据进行处理，以使得该编码后的数据能够适合具有瑞利衰落的多径衰落信道传输，其中该卷积编码是按照沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和最大化的准则产生的，该最短错误路径是指与正确译码路径相比，具有最少的非零欧氏

距离支路的译码路径;

一个发送单元, 用于发送经过编码处理后的数据。

21、如权利要求 20 所述的用户终端, 其中所述卷积编码是以下编码中的任何一个:

G_0, G_1, G_2 : 535, 652, 745;

G_0, G_1, G_2 : 535, 652, 715;

G_0, G_1, G_2 : 527, 652, 761;

G_0, G_1, G_2 : 525, 676, 725;

G_0, G_1, G_2 : 525, 676, 724;

G_0, G_1, G_2 : 535, 653, 725;

G_0, G_1, G_2 : 535, 653, 724。

22、如权利要求 21 所述的用户终端, 还包括:

一个接收单元, 用于接收来自网络系统的经过网络系统的卷积编码处理的数据;

一个译码器, 该译码器利用与该网络系统的卷积编码对应的卷积译码, 对所接收的数据进行译码, 以使得译码后的数据能够消除经由该多径衰落信道传输时的瑞利衰落, 其中该网络系统的卷积编码是按照沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和最大化的准则产生的, 该最短错误路径是指与正确译码路径相比, 具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径。

23、如权利要求 22 所述的用户终端, 其中所述译码是以下译码中的任何一个:

G_0, G_1, G_2 : 535, 652, 745;

G_0, G_1, G_2 : 535, 652, 715;

G_0, G_1, G_2 : 527, 652, 761;

G_0, G_1, G_2 : 525, 676, 725;

G_0, G_1, G_2 : 525, 676, 724;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,725;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,724。

24、一种网络系统，包括：

一个编码器，该编码器利用卷积编码对欲发送的数据进行处理，以使得该编码后的数据能够适合具有瑞利衰落的多径衰落信道传输，其中该卷积编码是按照沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和最大化的准则产生的，该最短错误路径是指与正确译码路径相比，具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径；

一个发送单元，用于发送经过编码处理后的数据。

25、如权利要求 24 所述的网络系统，其中所述卷积编码是以下编码中的任何一个：

G_0, G_1, G_2 : 535,652,745;

G_0, G_1, G_2 : 535,652,715;

G_0, G_1, G_2 : 527,652,761;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,725;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,724;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,725;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,724。

26、如权利要求 25 所述的网络系统，还包括：

一个接收单元，用于接收来自用户终端的经过用户终端的卷积编码处理的数据；

一个译码器，该译码器利用与该用户终端的卷积编码对应的卷积译码，对所接收的数据进行译码，以使得译码后的数据能够消除经由该多径衰落信道传输时的瑞利衰落，其中该用户终端的卷积编码是按照沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和最大化的准则产生的，该最短错误路径是

指与正确译码路径相比，具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径。

27、如权利要求 26 所述的网络系统，其中所述译码是以下译码中的任何一个：

G_0, G_1, G_2 : 535,652,745;

G_0, G_1, G_2 : 535,652,715;

G_0, G_1, G_2 : 527,652,761;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,725;

G_0, G_1, G_2 : 525,676,724;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,725;

G_0, G_1, G_2 : 535,653,724。

说明书

卷积编码器及其编码方法

技术领域：

本发明涉及一种通信方法和通信装置，具体涉及一种卷积编码器(convolutional encoder)及其编码方法，尤其涉及一种适用于瑞利(Rayleigh)衰落信道的卷积编码器及其编码方法。

技术背景：

在目前的 3GPP 3.84/1.28Mcps(Mcps:兆码片/秒) TDD(时分复用)系统中，卷积编码器及其编码方法是抗击衰落、降低噪声干扰、提高系统性能的一种重要手段。

图 1 所示为当前 3GPP TDD 规范中采用的一种卷积编码器。如图中所示，按照当前 3GPP TDD 规范中的规定，该卷积编码器的约束长度(constraint length)为 9(即：编码器中用于记录关于输入比特的状态的比特数目)，卷积编码率为 1/3 (即：一个输入信号对应于三个输出信号)，该卷积编码器对应的生成多项式为 $G_0, G_1, G_2: 557, 663, 771$ ，其中 557、663 和 771 均为八进制数。

图 2 所示为当前 3GPP TDD 通信系统、在仿真环境下、以网络系统为发送端、以移动终端为接收端的用于承载语音业务的专用信道 DCH (Dedicated Channel) 的链路层模型，其中的信道编码器 100 即可采用图 1 所示的卷积编码器。

下面结合附图 2 简要介绍在经由专用信道 DCH 传输语音业务的过程中，信道编码器 100 及其他部件协作以克服信道衰落和降低噪声干扰的工作原理。

首先，在发送端，可以由多个用户或一个用户共享的信息数据在信道编码器 100 中进行编码。在经过生成多项式为 $G_0, G_1, G_2: 557, 663, 771$ 的卷积编码器的处理后，编码后的信息数据经过第一交织器 102 的帧间交织，被送入无线帧分割模块 104。在无线帧分割模

块 104 中, 信息数据被划分到一个无线帧的两个子帧中。然后, 每一帧数据在经过速率匹配模块 106 的收缩匹配(puncture)、业务复用模块 108 添加专用控制信道(DCCH)信息数据后, 经由第二交织器 110 得到经过帧内交织的信息数据。该交织数据在通过 TFCI 和 TPC 嵌入模块 112 添加了 TFCI (Transport Format Combination Indicator: 传输格式组合指示) 和 TPC (Transmitter Power Control: 发射功率控制) 信息后, 在符号映射器 114 中被映射成符号。之后, 再分别经过 OVSF (正交可变扩频因子) 扩频器 116 的扩频处理和扰码器 118 的加扰处理, 在时隙构建模块 120 中, 该扩频数据被嵌入训练序列 (midamble) 信息, 以构成满足专用物理信道(DPCH)要求的时隙。以上述方式在发送端所形成的多个时隙中的符号, 在经过调制模块 122 的调制和合并单元 124 的合并后, 被发送到无线空间, 并经由多条路径的无线信道的传输到达接收端。

在接收端, 匹配滤波和过采样模块 300 所接收的无线信号, 通常带有加白高斯噪声 (AWGN), 并且具有多径衰落特性, 其中时变和频选是多径衰落的主要特征。由匹配滤波和过采样模块 300 所生成的时域离散信号, 被送入信道估计单元 302 和活动码检测模块 304, 以产生信道估计信息和活动码检测信息。利用该信道估计信息和活动码检测信息, 联合检测模块 306, 对该时域离散信号进行联合检测处理, 处理后的信号先后输出到符号解映射器 308 进行解映射、TFCI 和 TPC 去除模块 310 以去除 TFCI 和 TPC 信息、第一解交织器 312 以解除帧内交织、业务解复用模块 314 以提取专用控制信道的信息数据和语音业务数据、嵌入零模块 316 以消除打孔(de-punching)效应、无线帧合并模块 318 以将划分在两个子帧中的语音业务数据合并、第二解交织器 320 以解除帧间交织、和信道译码器 322 中以通过译码得到发送端所发送的语音数据。

在上述的无线通信系统中, 由于在发送端的信道编码器 100 中, 采用了卷积编码对欲发送的语音数据进行卷积编码处理, 因而在接收端的信道译码器 322 中, 通过采用与信道编码器 100 使用的编码方法对应的译码方法, 不仅能够从接收的信号中还原出发送端发送的语音

业务数据,而且可以有效地降低接收信号中产生误码的几率,从而提高了通信系统的性能。其中,接收信号的误码率或块错误率,可以通过将发送端发送的语音业务数据与接收端经由信道译码器还原的语音业务数据,在一个 BER/BLER(误码率或块错误率)检测模块 324 中进行检测而得到。

然而,在上述的通信系统中,所采用的图 1 所示的这种卷积编码器是针对 BPSK(Binary Phase Shift Keying: 二相相移键控)调制模式和 AWGN(加白高斯噪声)传播信道设计的,因此,只有当通信系统采用 BPSK 模式对所发送的信号进行调制,并且在传播信道中只存在高斯噪声的情况下,该通信系统才能取得最佳的性能。

但是,在 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 通信系统中,事实上采用的是 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying: 四相相移键控)调制模式,而且在实际的通信环境中,经常遇到的是多径衰落信道且各径的衰落近似为瑞利(Rayleigh)衰落的情况。因此,若将图 1 所示的这种卷积编码器,应用到实际的 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 通信系统中,将不能保持最佳的系统性能。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种卷积编码器及其编码方法,在该编码器及其编码方法中,通过将 QPSK 调制模式和多径衰落信道对通信系统的整体效应纳入到该编码器及其编码方法的设计中,提出了一种适用于 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 通信系统的优化的卷积编码器及其编码方法。

按照本发明的一种编码方法,包括步骤:根据通信协议中的规定,设置编码器的卷积编码率和约束长度;在该卷积编码率和约束长度下,按照预定准则生成卷积编码;利用该卷积编码对欲发送的数据进行处理,以使得该编码后的数据能够适合具有瑞利衰落的多径衰落信道传输。其中,该预定准则是:沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离之和最大化,其中该最短错误路径是指与正确译码路径相比,具有最少的非零欧氏距离支路的

译码路径。

按照本发明的一种卷积译码方法，包括步骤：接收经由多径衰落信道传输的以预定准则生成的卷积编码处理过的数据；根据该卷积编码，设置相应的译码器的卷积译码率和约束长度；在该卷积译码率和约束长度下，对所接收的数据进行译码，以使得译码后的数据能够消除经由该多径衰落信道传输时的瑞利衰落。其中，该预定准则是：沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离之和最大化，其中该最短错误路径是指与正确译码路径相比，具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径。

通过参考以下结合附图的说明以及权利要求书中的内容，并且随着对本发明的更全面的理解，本发明的其他目的及效果将变得更加清楚和易于理解。

附图简述：

以下将参照附图，通过实施例详细地描述本发明，其中：

图 1 是当前 3GPP TDD 规范中采用的卷积编码器的结构图；

图 2 是当前 3GPP TDD 通信系统中专用信道 DCH 的链路层模型；

图 3A 是按照本发明的一个实施例的卷积编码器的结构图；

图 3B 是按照本发明的一个实施例的卷积编码器的网格图；

图 4 是在 3GPP 规范中建议的三种信道情况下，分别采用本发明的一个实施例的卷积编码器与现有卷积编码器，针对 TD-SCDMA 下行链路系统的性能比较；

图 5 是在 ITU 标准中建议的信道情况下，分别采用本发明的一个实施例的卷积编码器与现有卷积编码器，针对 TD-SCDMA 下行链路系统的性能比较。

在所有附图中，相同的标号表示相似或相应的特征或功能。

发明详述：

由于本发明提出的卷积编码器是基于 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD

通信系统中采用的 QPSK 调制模式和信号在多径传输过程中受到的瑞利衰落的作用而设计的,因此在结合附图具体描述本发明的一个卷积编码器之前,有必要对本发明的卷积编码器的设计准则进行说明。

为了更清楚地说明本发明的卷积编码器的设计准则,首先,将接收端收到的码片形式的接收信号以矩阵方式表示为:

$$r = Ad + n \quad (1)$$

其中:

矩阵 $d = [d^{(1)r}, d^{(2)r}, \dots, d^{(N)r}]^T$ 是一个数据域内所有激活用户设备的数据矢量, N 是该数据域中所传送的符号数目, $[.]^T$ 表示对矩阵进行转置运算; $d^{(n)} = [d_1^{(n)}, d_2^{(n)}, \dots, d_M^{(n)}]^T$, $n = 1, 2, \dots, N$, $d^{(n)}$ 表示属于相同符号标示的所有激活用户设备的数据矢量; M 是激活的信道化码数目。

矩阵 n 是对接收信号产生干扰的噪声矢量。

广义信道矩阵 A 的结构可以表示如下:

$$A = \begin{bmatrix} \text{shaded rectangles} \end{bmatrix} \quad (2)$$

(NQ+W-1) \times NM

其中,每个阴影矩形代表一列矢量,例如 $b_n^{(m)} = h^{(m)} * c^{(m)}$ ($1 \leq m \leq M$, $1 \leq n \leq N$)。 $b_n^{(m)}$ 是活动码 m 的信道冲激响应矢量 $h^{(m)}$ 和与该活动码 m 相关的 OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor: 正交可变扩频因子) 码片矢量 $c^{(m)}$ 的卷积结果; Q 是扩频因子; W 是以码片为单位估测的或存在的传输路径的最大时延。

上述等式(2)中涉及的传输信道参数 $h^{(m)}$ 通常可以通过对嵌在时隙(TS)中的导频序列(midamble)进行估算而得到。该信道冲激响应的估算可以表示为:

$$\hat{h} = M^{-1} \cdot r \quad (3)$$

表达式(3)中的矩阵 M 是该导频序列的右循环方阵, $[.]^{-1}$ 表示矩阵的逆运算。

根据估算的传输信道参数 $h^{(m)}$ 和检测的活动码, 当对接收到的信号 r 执行例如迫零线性快均衡(ZF-BLE)的联合检测算法时, 执行联合检测后的该数据域的数据矢量可以表示为:

$$\hat{d} = (A^H A)^{-1} \cdot A^H \cdot r \quad (4)$$

由于信号在传输过程中会产生信号衰落, 并会受到噪声信号的干扰, 因此, 该检测出的数据矢量 \hat{d} 有可能存在误判的情况, 即: 检测出的数据矢量 \hat{d} 与应当得到的正确的数据矢量 d 之间存在着误差。

设计卷积编码器, 利用该卷积编码对欲发送的信号进行编码处理的目的在于当接收端对所收到的无线信号执行联合检测算法时, 使得检测出的数据矢量 \hat{d} 产生误差的几率最小化。

为了实现该卷积编码的目的, 本发明提出了一种卷积编码器的设计准则, 即: 沿着最短错误路径的各个支路与正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离(Euclidean distance)的统计之和最大化, 该设计准则是在综合考虑了以下几方面因素的基础上提出的:

1、各传输的符号之间相互独立

由于在 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 的下行链路系统中存在两种类型的交织器, 即: 帧间交织器和帧内交织器, 因此, 欲发送的数据在经过这两次交织后, 可以近似地认为实现了理想地交织。尤其对于快速衰落的信道, 经过该理想交织的各个数据在该信道中的传播基本上是相互独立的。换言之, 针对每个被传送的符号, 上述等式(2)中的信道冲激响应 $h^{(m)}$ 都是近乎独立的。

2、多径传输信道中的各径都是瑞利衰落信道

对于 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 的下行链路系统, 传输信号的无线信道通常为多径信道, 且各径信道是瑞利衰落信道。而对于经过理想交织的瑞利衰落信道, 通过附图 2 所示的仿真实验表明: 若沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的乘积越大, 则执行联合检测后数据产生误码的几率越低, 即:

在附图 2 的仿真实验中, 通过 BER/BLER 检测模块 324 检测得到的误码率或块误码率越低。其中, 该最短错误路径是指与正确译码路径相比, 具有最少的非零欧氏距离支路的译码路径, 可以通过例如维特比译码的方法找到该最短错误路径。此外, 可以进一步将上述的计算欧氏距离的乘积替代为计算欧氏距离之和, 以简化运算。

3、QPSK 调制

在 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 的下行链路系统中, 对于语音业务通信, 通常采用的是 QPSK 调制模式, 即: 当将欲发送的比特形式的数据映射到星座图上时, 每次将输入的两个比特映射到星座图上的一个相位点(一个相位点为一个符号)。而在 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 规范中, 由于规定的卷积编码率为 $1/3$, 所以当将编码后的数据映射到星座图上时, 卷积编码器的 3 位输出, 对应 QPSK 调制模式下的一次只有 2 位输入, 因此, 要综合考虑所有译码路径的输出, 才能得到与正确译码路径之间的欧氏距离, 即: 应考虑欧氏距离的统计之和。

图 3A 是本发明的按照上述准则设计的一种卷积编码器。如图 3A 所示, 根据当前 3GPP TDD 规范中的规定, 该卷积编码器的约束长度设置为 9, 卷积编码率为 $1/3$ 。按照上述设计准则, 该卷积编码器对应的卷积编码为 G_0, G_1, G_2 : 535, 652, 745, 其中 535、652 和 745 均为八进制数。根据该卷积编码器的结构, 对应的网格图参见附图 3B。在图 3B 中, 从第 1 行到第 256 行的空心圆圈表示从 0 到第 255 种状态, 且时间是随着从左列向右列而递增。图 3B 中从一个状态迁移到另一状态时所形成的支路, 取决于图 3A 中对应每输入一位信号而输出的编码信号。例如: 图 3B 中的支路 1/111 (1/111 是卷积编码器的输入信号/输出信号), 其初始位置在第 0 状态, 表示图 3A 中所有的移位寄存器 D 在初始状态时全为 0; 当向图 3A 的卷积编码器输入 1 时, 通过计算得到该卷积编码器的输出信号为 111, 此时, 在图 3B 的网格图中, 支路 1/111 从初始状态 0 迁移到状态 128, 如图中支路 1/111 的箭头所示。

当将采用图 3A 所示的卷积编码器生成的编码信号映射到 QPSK

星座图上时, 计算得到的沿着最短错误路径的各个支路与相应的正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和为 $\sum d_E^2 = 44$, 其中 d_E 表示欧氏距离。

下面, 以图 3B 中的最短错误路径的第一条支路 1/111 与相应的正确译码路径的第一条支路 0/000 为例, 简要说明欧氏距离的计算。

在将比特位映射到 QPSK 星座图中时, 由于在星座图中, 一个二维坐标点对应于两个比特位, 因此, 若二进制数 00 对应坐标 $(0, j)$, 二进制数 01 对应 $(1, 0)$, 二进制数 10 对应 $(-1, 0)$, 二进制数 11 对应 $(0, -j)$, 则支路 1/111 的输出信号 111 的前两位 11 在星座图中对应 $(0, -j)$ 位置, 支路 0/000 的输出信号的前两位 00 在星座图中对应 $(0, j)$ 位置, 这两个坐标点 $(0, -j)$ 和 $(0, j)$ 之间的距离, $\sqrt{|0-0|^2 + |j-(-j)|^2}$, 既是两条支路之间的欧氏距离。由于 QPSK 星座图中的一个坐标点对应于两个比特位, 因此, 需要将最短错误路径的各个支路的输出信号组合在一起, 每两个比特一组, 按照各组比特映射到该星座图上的位置, 相对于也组合在一起的正确译码路径的各个支路的输出信号, 计算各组的欧氏距离。由于需要先将所有支路的输出信号组合在一起, 再计算每一组比特的欧氏距离, 并将各组计算得到的欧氏距离相加, 因此, 也称为欧氏距离的统计之和。按照上述方法, 通过计算可以得到上述的欧氏距离的统计之和 $\sum d_E^2 = 44$ 。

按照上述方法, 当将采用图 1 所示的卷积编码器生成的编码信号映射到 QPSK 星座图上时, 计算得到的沿着最短错误路径的各个支路与正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和为 $\sum d_E^2 = 36$ 。

由于按照本发明的卷积编码器计算得到的沿着最短错误路径的各个支路与正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和, 远远大于目前 3GPP TDD 系统中采用的卷积编码器, 因此, 应用本发明的卷积编码器可以取得更好的系统性能, 这在仿真实验中得到了进一步的证实。

仿真实验是在 3GPP TDD 的下行链路系统的基础上完成的, 仿真实验中使用的各项参数详见表 1。

表 1: 3GPP TDD 的下行链路系统的仿真参数

参数/特性	数值/表示	注意
码片速率	1.28 M 码片/秒	
调制方式	QPSK	
扩频因子	16	
标称信道间隔	1.6MHz/载波	
无线帧长	10ms (分成两个子帧)	
子帧长度	5ms	
业务时隙个数	7	
时隙长度 (us)	675	
码片长度 (ns)	781.25	
辅助检测导频	默认训练序列模式(K=8)	
信道编码	约束长度 9、编码率 1/3 的卷积码	
交织器	20 ms 块交织	
同步方面	完全同步	
服务映射	多码字,多时隙合并	
每个码片的采样次数	8	
数字精度	浮点仿真	
信道估测	采用 FFT 的最大似然信道估测	
BLER 计算	通过比较发射帧和接收帧计算误块率	
DCCH 模型	随机发射符号	在接收机中无评估单元
DPCH 模型	随机发射符号	每个信道的码片能量相同
其它物理层参数	按照最近物理层标准中制定的参数设定	
联合检测算法	ZF-BLE	
通信情况	同一时隙内有五个以 12.2Kbit/s 通信的用户设备	

表 2 列出了 3GPP 推荐的在三种信道情况下, 用于测试多径衰落环境的无线传输信道参数。

在这三种情况下, 分别采用图 1 所示的目前 3GPP 的卷积编码器和采用本发明的一个实施例的图 3A 所示的卷积编码器, 得到的仿真结果如图 4 所示。

表 2 用于多径衰落环境中的传输情况

情况 1, 速度 3 公里/小时		情况 2, 速度 3 公里/小时		情况 3, 速度 120 公里/小时	
相 对 时 延 [ns]	平均功率衰减 [dB]	相 对 时 延 [ns]	平均功率 衰减 [dB]	相 对 时 延 [ns]	平均功率衰 减 [dB]
0	0	0	0	0	0
2928	-10	2928	0	781	-3
		12000	0	1563	-6
				2343	-9

在图 4 中, 纵坐标表示块错误率(BLER)的对数坐标, 横坐标表示 I_{or}/I_{oc} , 其中 I_{or} 是在用户设备天线处测量得到的接收功率谱密度, I_{oc} 是在用户设备天线处测量得到的带宽有限的白噪声源的功率谱密度。图 4 中分别用不同的标记标识出了三种情况下, 采用图 3A 所示的本发明的卷积编码器与采用图 1 所示的目前 3GPP 的卷积编码器, 测试得到的系统性能曲线。如图 4 所示, 以用户设备移动速度最快的第三种情况为例, 当 $BLER=10^{-1}$ 时, 采用本发明的卷积编码器, 系统性能可以提高约 4dB。

表 3 是 ITU 推荐的用于测试多径衰落环境的无线传输信道参数。

表 3 用于多径衰落环境中的传输情况

ITU 步行情况 A 速度 3km/h (PA3)		ITU 步行情况 B 速度 3Km/h (PB3)		ITU 车辆情况 A 速度 30km/h (VA30)		ITU 车辆情况 A 速度 120km/h (VA120)	
相对时延 [ns]	平均功率 衰减 [dB]	相对时延 [ns]	平均功率衰 减 [dB]	相对时延 [ns]	平均功率衰 减 [dB]	相 对 时 延 [ns]	平均功率衰 减 [dB]
0	0	0	0	0	0	0	0
110	-9.7	200	-0.9	310	-1.0	310	-1.0
190	-19.2	800	-4.9	710	-9.0	710	-9.0
410	-22.8	1200	-8.0	1090	-10.0	1090	-10.0
		2300	-7.8	1730	-15.0	1730	-15.0
		3700	-23.9	2510	-20	2510	-20

在表 3 所示信道情况下, 分别采用图 1 所示的目前 3GPP 的卷积编码器和采用本发明的一个实施例的图 3A 所示的卷积编码器, 得到的仿真结果如图 5 所示。

在图 5 中, 纵坐标仍表示块误码率(BLER)的对数坐标, 横坐标仍

表示 I_{or}/I_{oc} ，其中 I_{or} 是在用户设备天线处测量得到的接收功率谱密度， I_{oc} 是在用户设备天线处测量得到的带宽有限的白噪声源的功率谱密度。图 5 中也分别用不同的标记标识出了不同情况下，采用图 3A 所示的本发明的卷积编码器与采用图 1 所示的目前 3GPP 的卷积编码器，测试到的系统性能曲线。如图 5 所示，在 VA120 的情况下，当 $BLER=10^{-1}$ 时，采用本发明的卷积编码器，系统性能可以提高约 4dB；在 VA30 和 PB3 的情况下，当 $BLER=10^{-2}$ 时，采用本发明的卷积编码器，系统性能分别可以提高约 1.5dB 和 1dB。

图 4 和图 5 显示的仿真结果，进一步验证了采用本发明的设计准则而构建的卷积编码器，与当前 3GPP TDD 系统中使用的卷积编码器相比，在克服瑞利衰落、降低噪声影响方面具有显著的进步。

按照本发明的设计准则：沿着最短错误路径的各个支路与正确译码路径的各个支路之间的欧氏距离的统计之和最大化，不仅可以得到卷积编码 G_0, G_1, G_2 ：535,652,745，还可以得到其他的卷积编码，详见表 4。表 4 中列出的各个卷积编码的生成多项式，均为八进制数，且计算得到的统计欧氏距离之和均为 $\sum d_E^2 = 44$ ，因此，采用该表 4 中的任意一个卷积编码对欲发送的信号进行编码处理，都能够取得比目前的 3GPP TDD 系统中采用的卷积编码更佳的系统性能。

表 4 本发明提供的卷积编码

卷积编码	G_0	G_1	G_2
I	535	652	745
II	535	652	715
III	527	652	761
IV	525	676	725
V	525	676	724
VI	535	653	725
VII	535	653	724

当然，在按照本发明的上述设计准则得到各个卷积编码的过程中，不仅需要考虑到编码后的信号在传输过程中应该能够克服瑞利衰落信道的影响，而且在一定程度上还考虑了该编码后的信号能够抵抗高斯(Gauss)噪声信道的影响。

针对无线信号在传输过程中克服高斯噪声的设计准则有多种。例如：可以采用编码后的信号的汉明距(Hamming distance)大于一定的阈值的方法。

仿真实验结果表明，本发明的上述表 4 中列出的各个卷积编码，在克服瑞利衰落和高斯噪声两方面，均能够体现出良好的系统性能。

以上描述了本发明的卷积编码的设计准则，及按照该设计准则得到的各个卷积编码。当利用本发明的上述卷积编码处理过的无线信号经由多径传输到接收端时，接收端中的译码器，同样按照 3GPP TDD 系统的规定，设置相应的卷积译码率和约束长度，并采用与发送端中的卷积编码器对应的译码方法和解码，对所接收的数据进行译码，从而得到能够克服经由该多径传输时的瑞利衰落的输出信号。

有益效果：

通过上述结合附图对本发明实施例的详细描述，从中可以看出：通过将 QPSK 调制模式和多径衰落信道对通信系统的整体效应纳入到编码器及其编码方法的设计中，当将本发明所提出的卷积编码器及其编码方法应用到 3GPP 3.84/1.28Mcps TDD 通信系统时，可以有效地克服瑞利衰落、降低噪声干扰，提供系统的性能。

本发明所提出的卷积编码方法及其相应的译码方法，无论是应用在发送端的信道编码模块，还是应用在接收端的信道译码模块，都不必对现有设备进行过多的改动，却可以显著地提高系统的通信性能。

此外，本发明所提出的卷积编码方法及其相应的译码方法，既适用于 3.84M 码片/秒的 TDD 系统，也适用于 1.28M 码片/秒的 TDD 系统，例如 TD-SCDMA 系统。

本领域技术人员应当理解，对上述本发明所公开的在 3GPP TDD 系统中使用的本发明所提出的卷积编码方法及其相应的译码方法，还可以在不脱离本发明内容的基础上做出各种改进。因此，本发明的保护范围应当由所附的权利要求书的内容确定。

说明书附图

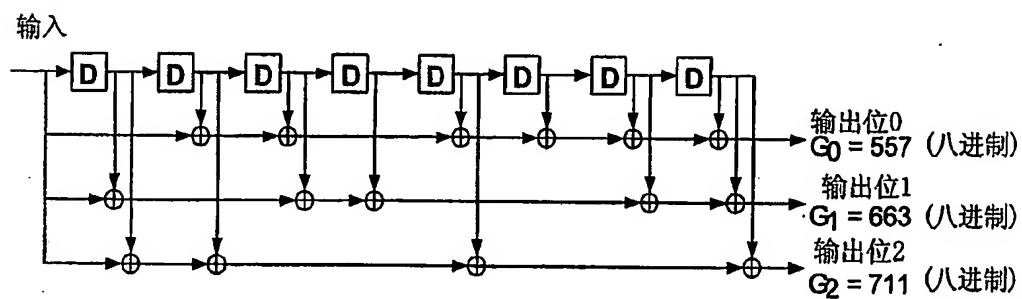


图 1

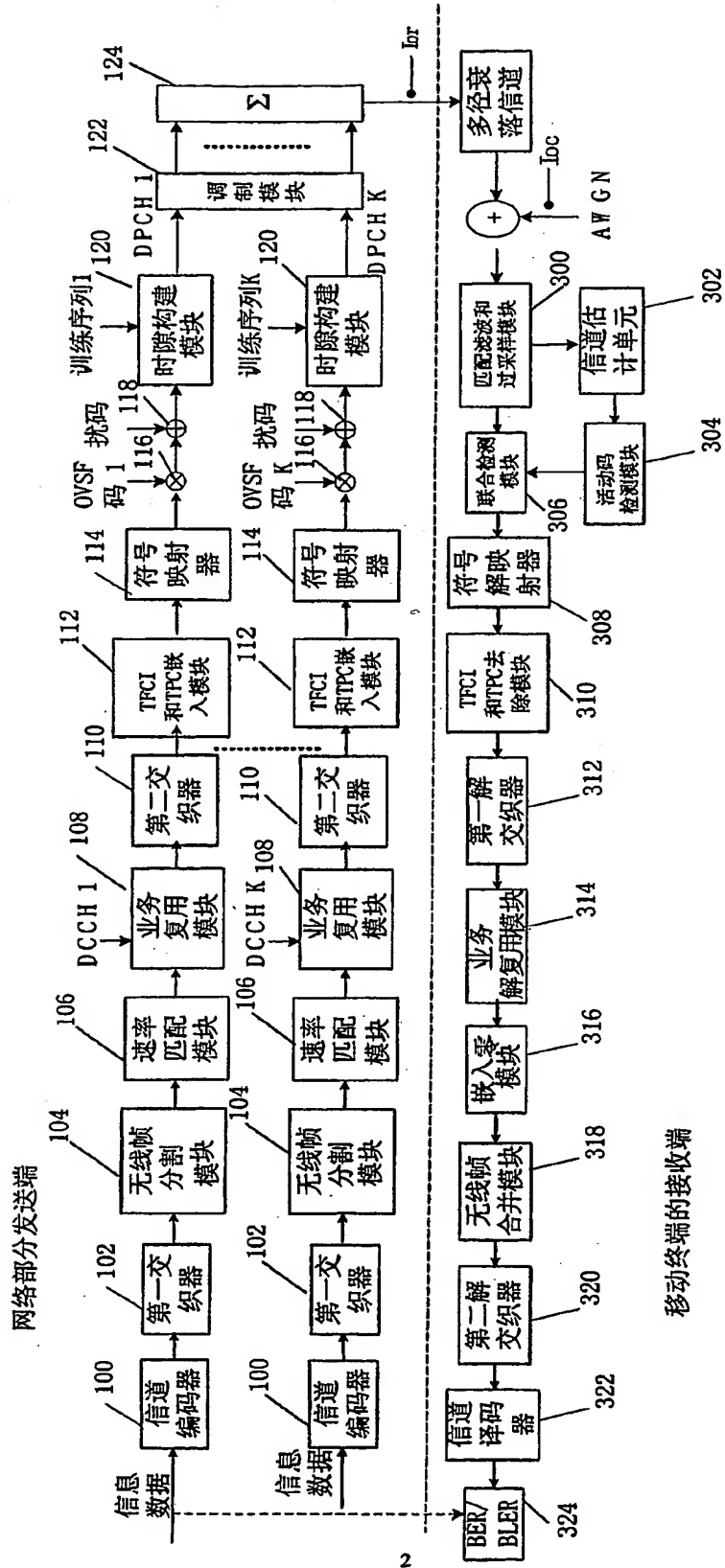


图2

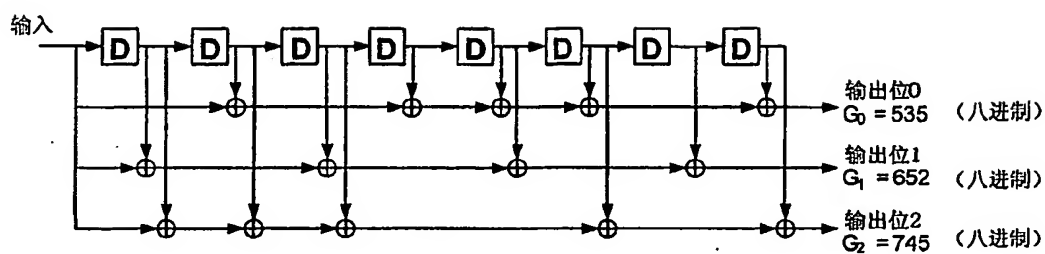


图 3A

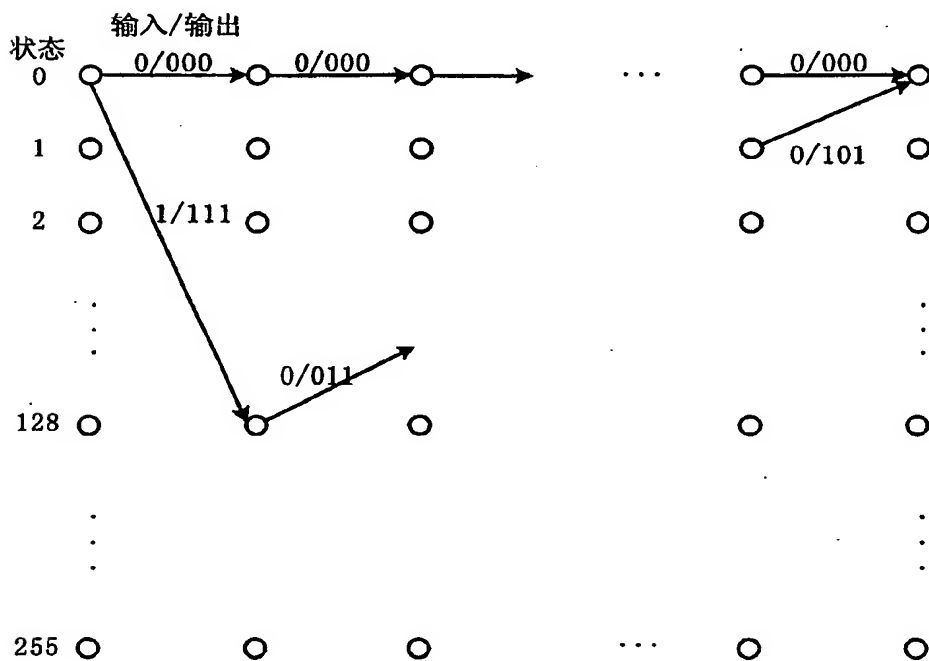


图 3B

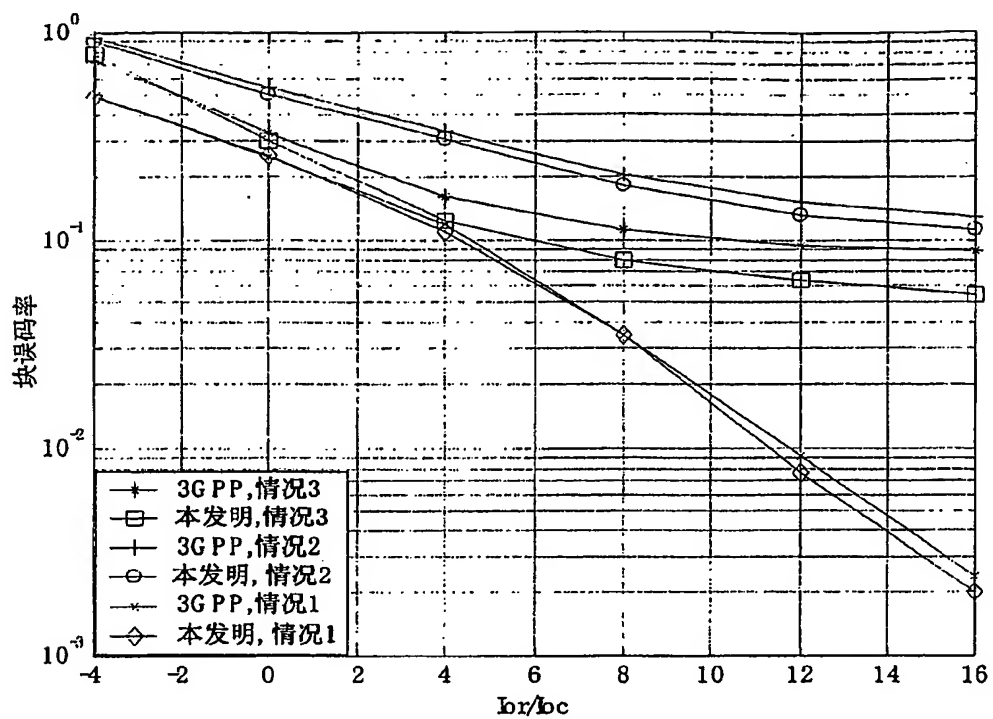


图 4

4

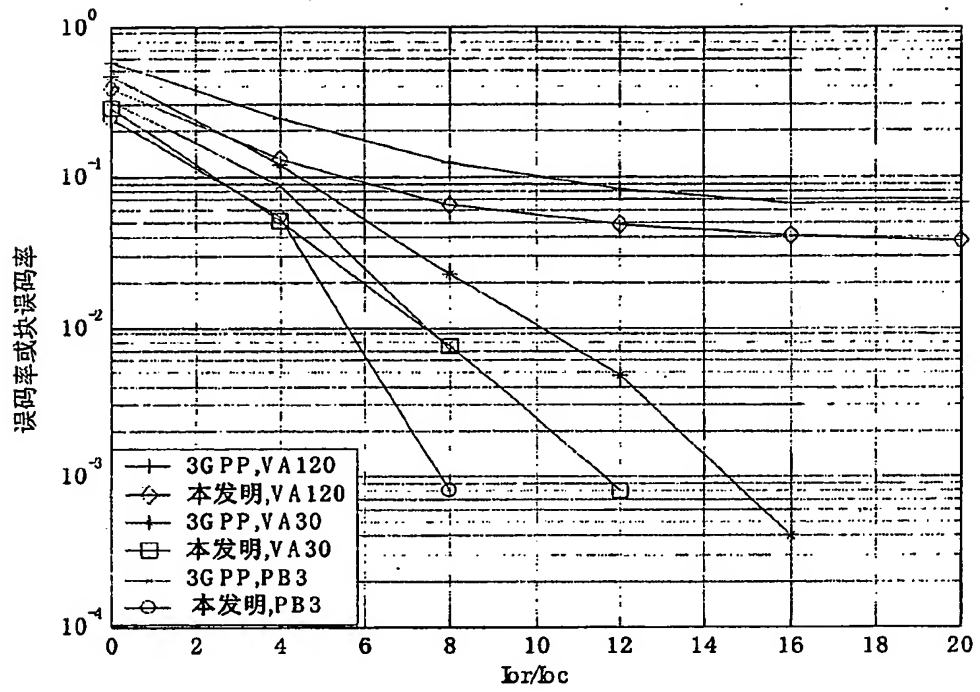


图 5